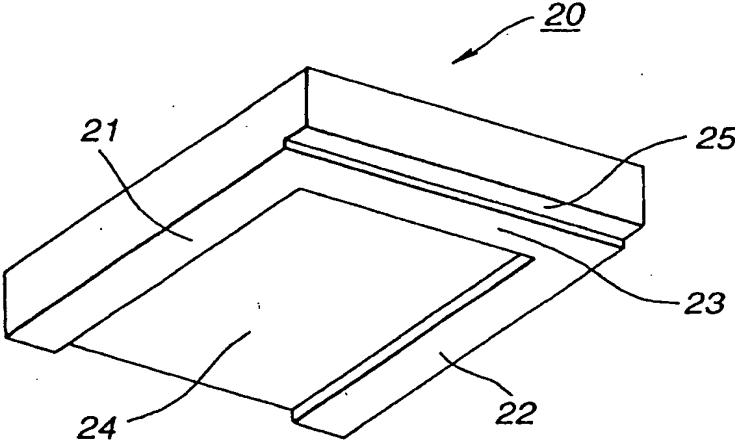




(51) 国際特許分類6 G11B 21/21, 5/60	A1	(11) 国際公開番号 WO00/00977 (43) 国際公開日 2000年1月6日(06.01.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/03537 (22) 国際出願日 1999年6月30日(30.06.99) (30) 優先権データ 特願平10/185222 1998年6月30日(30.06.98) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ソニー株式会社(SONY CORPORATION)[JP/JP] 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 四谷道夫(YOTSUYA, Michio)[JP/JP] 河副一重(KAWAZOE, Kazushige)[JP/JP] 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo, (JP) (74) 代理人 小池 晃, 外(KOIKE, Akira et al.) 〒105-0001 東京都港区虎ノ門二丁目6番4号 第11森ビル Tokyo, (JP)		(81) 指定国 JP, US 添付公開書類 国際調査報告書
(54)Title: FLYING HEAD SLIDER AND DISK DRIVE (54)発明の名称 浮上型ヘッドスライダ及びディスクドライブ装置  (57) Abstract A flying head slider (20) is used in a disk drive device that uses a removable disk-recording medium. A step (25) of 0.4 - 1.2 microns in depth is formed at the edge on the air inlet side. This structure suppresses the decrease in flying height of the head slider (20) in the event of dust deposited on it, and keeps a stable posture in the lengthwise direction, thus keeping the spacing from changing.		

ディスクドライブ装置本体に対してディスク状記録媒体が交換可能とされたディスクドライブ装置に用いられる浮上型ヘッドスライダ20において、空気流入側の端部にステップ25を形成し、このステップ25の深さを $0.4\mu\text{m}$ ~ $1.2\mu\text{m}$ の範囲内に設定する。

以上の構成により、浮上型ヘッドスライダ20に塵埃等が付着した場合であっても、その浮上量の低下が抑制されると共に、長さ方向における姿勢を安定させてスペーシング変動を抑えることができる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LA	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MR	モリタニア	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MW	モザンビーク	US	米国
CI	コートジボワール	IL	イスラエル	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	NE	ネジール	VN	ヴェトナム
CN	中国	IS	アイスランド	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CY	キプロス	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	KR	韓国				

明 細 書

浮上型ヘッドスライダ及びディスクドライブ装置

技 術 分 野

本発明は、例えば磁気ディスクや光ディスク、光磁気ディスク等のディスク状記録媒体を記録媒体として用い、この記録媒体をディスクドライブ装置本体に対して交換可能とされた、いわゆるリムーバブル型のディスクドライブ装置に用いられる浮上型ヘッドスライダ及びこの浮上型ヘッドスライダを用いたリムーバブル型のディスクドライブ装置に関する。

背 景 技 術

従来、浮上型ヘッドスライダとして、例えば、コンピュータ等に接続された内蔵型、或いは外付型のハードディスクドライブ装置に用いられるものがある。

ハードディスクドライブ装置は、図1に示すように、スピンドルモータにより角速度一定で回転駆動される磁気ディスク1と、装置本体に対して揺動自在に配設された揺動アーム2と、該揺動アーム2の揺動端に設けられた浮上型ヘッドスライダ3等を備えている。そして、この浮上型ヘッドスライダ3には、磁気ディスク1に対して信号の書き込み及び読み出しを行うための磁気ヘッド素子4が組み込まれている。

このハードディスクドライブ装置においては、上記揺動アーム 2 が揺動され、この揺動アーム 2 の揺動端に設けられた浮上型ヘッドスライダ 3 が磁気ディスク 1 の半径方向に移動されることによってシーク動作が行われ、浮上型ヘッドスライダ 3 に組み込まれた磁気ヘッド素子 4 により、磁気ディスク 1 の所定の記録トラックに対する信号の書き込み及び読み出しが行われる。

ここで、磁気ディスク 1 がスピンドルモータによって回転操作されると、磁気ディスク 1 のディスク面 1 a 上に、空気流が発生する。そして、この空気流が、磁気ディスク 1 のディスク面 1 a と浮上型ヘッドスライダ 3 の磁気ディスク 1 に対する対向面 3 a との間に入り込むことにより、浮上型ヘッドスライダ 3 は、図 2 に示すように、磁気ディスク 1 のディスク面 1 a 上を所定の浮上量で浮上することになる。このとき、浮上型ヘッドスライダ 3 は、磁気ディスク 1 に対する対向面 3 a と磁気ディスク 1 のディスク面 1 a との間の間隔が、空気流が流入する空気流入側の端部の方が空気流が流出する空気流出側の端部よりも若干大きくなるような姿勢に保たれ、磁気ディスク 1 上を安定的に浮上する。

ハードディスクドライブ装置においては、以上のように、浮上型ヘッドスライダ 3 が磁気ディスク 1 の回転に伴って生じる空気流をうけて磁気ディスク 1 上を所定の浮上量で浮上した状態で、浮上型ヘッドスライダ 3 に組み込まれた磁気ヘッド素子 4 により、磁気ディスク 1 に対する信号の書き込み及び読み出しが行われるようになされている。

以上のようなハードディスクドライブ装置に用いられる浮上型ヘッドスライダ 3 の一例を図 3 に示す。この図 3 に示す浮上型ヘッド

スライダ 3 は、所謂、カタマラン型の浮上型ヘッドスライダと呼ばれるもので、磁気ディスク 1 に対する対向面 3 a の幅方向の両側（磁気ディスク 1 の半径方向に沿った方向の両側）に、空気流入側の端部から空気流出側の端部に亘って、エアベアリングサーフェイスとして機能する 2 本のレール 5, 6 が設けられている。また、この浮上型ヘッドスライダ 3 には、その空気流出側の端部に、磁気ヘッド素子 4 が組み込まれている。

この浮上型ヘッドスライダ 3 は、図 4 に示すように、矢印 X 方向に回転する磁気ディスク 1 のディスク面 1 a に接近すると、この磁気ディスク 1 の回転に伴って生じる空気流をうけて、2 本のレール 5, 6 と磁気ディスク 1 のディスク面 1 a との間に正圧を発生させ、浮揚力を得る。そして、この浮上型ヘッドスライダ 3 は、磁気ディスク 1 のディスク面 1 a 上を所定の浮上量で浮上した状態で、空気流出側の端部に組み込まれた磁気ヘッド素子 4 により、磁気ディスク 1 に対して信号の書き込み及び読み出しを行う。

なお、この浮上型ヘッドスライダ 3 において、レール 5, 6 が磁気ディスク 1 に対する対向面 3 a の幅方向の両側にそれぞれ設けられているのは、浮上型ヘッドスライダ 3 の幅方向の両側に浮揚力を発生させた方が、浮上型ヘッドスライダ 3 の幅方向（ロール方向）における安定化を図る上で有利だからである。

また、この浮上型ヘッドスライダ 3 には、レール 5, 6 の空気流入側の端部に、レール 5, 6 の表面（磁気ディスク 1 に対する対向面）から所定の深さで窪むように形成された段差部（以下、ステップという。）7, 8 が設けられている。

この浮上型ヘッドスライダ 3 は、以上のように、レール 5, 6 の

空気流入側の端部にステップ 7, 8 が設けられることにより、長さ方向（ピッチ方向）における姿勢の安定化が図られる。

すなわち、この浮上型ヘッドスライダ 3 において、レール 5, 6 の空気流入側の端部にステップ 7, 8 が設けられていない場合には、レール 5, 6 と磁気ディスク 1 のディスク面 1 a との間に発生する正圧（浮揚力）のピークが、レール 5 の長さ方向における中途部の 1 箇所、及びレール 6 の長さ方向における中途部の 1 箇所に生じることになる。そして、浮上型ヘッドスライダ 3 は、この正圧のピークが生じた部位を支点としてシーソー状に揺動してしまい、長さ方向（ピッチ方向）における姿勢が安定しない。

これに対して、レール 5, 6 の空気流入側の端部にステップ 7, 8 を設けた場合には、レール 5, 6 と磁気ディスク 1 のディスク面 1 a との間に発生する正圧（浮揚力）のピークが、ステップ 7 の後端側とレール 5 の空気流出側の端部との 2 箇所、及びステップ 8 の後端側とレール 6 の空気流出側の端部との 2 箇所にそれぞれ生じることになり、レール 5, 6 の長さ方向の両端側にそれぞれ支点が形成されることになる。これにより、浮上型ヘッドスライダ 3 は、その長さ方向（ピッチ方向）における姿勢の安定化が図られることになる。

ところで、上述した浮上型ヘッドスライダ 3 において、ステップ 7, 8 は、一般的に、深さが $0.1 \mu\text{m} \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度の比較的浅い段差として形成されていた。これは、レール 5, 6 と磁気ディスク 1 のディスク面 1 a との間に発生する正圧（浮揚力）のピークをレール 5, 6 の長さ方向の 2 箇所にそれぞれ生じさせるためには、ステップ 7, 8 は、その深さが $0.1 \mu\text{m} \sim 0.3 \mu\text{m}$ 程度あれば

十分だからである。

また、ステップ7，8の深さをあまり深くしすぎると、浮上型ヘッドスライダ3は、先に図2に示したような姿勢、すなわち、空気流入側の端部の方が、空気流出側の端部よりも磁気ディスク1との間の間隔が大きくされた姿勢が保たれなくなり、その長さ方向における姿勢がかえって不安定になってしまう場合があるからである。具体的には、磁気ディスク1のディスク面1aと浮上型ヘッドスライダ3の磁気ディスク1に対する対向面3aとがなす角（ピッチ角）が $20\mu\text{rad}$ 未満となると、浮上型ヘッドスライダ3は、浮上安定性が非常に悪くなる。

しかしながら、上述した浮上型ヘッドスライダ3においては、ステップ7，8の深さが浅いと、このステップ7，8に塵埃等が付着した場合に、浮上量の低下を招いてしまう場合があることが分かってきた。

ハードディスクドライブ装置においては、近年、スペーシングロスを抑えて高密度記録を実現するために、浮上型ヘッドスライダ3の浮上量を小さくする傾向にあり、研究レベルにおいては、浮上型ヘッドスライダ3の浮上量を 20nm という非常に小さな値に設定したものが実現されている。

このような中で、塵埃等の付着により浮上型ヘッドスライダ3の浮上量が極端に低下すると、浮上型ヘッドスライダ3と磁気ディスク1とが接触して、浮上型ヘッドスライダ3や磁気ディスク1の損傷を招いてしまう場合がある。

特に、近年、記録媒体としての磁気ディスクをディスクドライブ装置本体に対して交換可能とした、所謂、リムーバブル型のハード

ディスクドライブ装置が提案され、実用化されている。このリムーバブル型のハードディスクドライブ装置においては、磁気ディスクの交換時に大気中の塵埃等がディスクドライブ装置本体内に侵入する可能性が高い。

また、光磁気ディスク等を記録媒体として用いるディスクドライブ装置においては、記録媒体としての光磁気ディスク等をディスクドライブ装置本体に対して交換可能としたものが一般的である。そして、近年、この光磁気ディスク等を記録媒体として用いるディスクドライブ装置にハードディスクドライブ装置の技術を導入し、浮上型ヘッドスライダを用いて光磁気ディスク等に信号の書き込み及び読み出しを行うことが検討されている。

このようなディスクドライブ装置においても、光磁気ディスク等の交換時には、ディスクドライブ装置本体内に塵埃等が侵入する可能性が高い。

以上のように塵埃等が侵入しやすい環境下で浮上型ヘッドスライダを用いることを想定すると、浮上型ヘッドスライダは、塵埃等が付着した場合であっても、浮上量の急激な低下を招かないことが望ましい。

発 明 の 開 示

本発明は、上述したような従来の実状に鑑みて提案されたものであり、ディスクドライブ装置本体に対してディスク状記録媒体が交換可能とされたディスクドライブ装置に用いられる浮上型ヘッドスライダにおいて、塵埃等が付着した場合であっても、急激な浮上量

の低下を招くことのない浮上型ヘッドスライダ及びこれを用いたディスクドライブ装置を提供しようとするものである。

浮上型ヘッドスライダに塵埃等が付着した場合に、この浮上型ヘッドスライダの急激な浮上量の低下を抑制するためには、ステップといわれる段差の深さをある程度深くすることが有効であることが分かってきた。また、ステップといわれる段差の深さをあまり深くすると、浮上型ヘッドスライダの姿勢が不安定になることも分かってきた。

そして、このステップといわれる段差の深さの最適値は、浮上型ヘッドスライダの大きさや形状にさほど依存せず、あらゆるタイプの浮上型ヘッドスライダにおいて、ほぼ一定の値であることが分かってきた。

本発明は、以上の知見に基づいて、浮上型ヘッドスライダのステップといわれる段差の深さを最適化し、浮上型ヘッドスライダに塵埃等が付着した場合であっても、その浮上量が急激に低下することを抑制すると共に、浮上型ヘッドスライダの姿勢の安定化を図るようにしている。

すなわち、本発明に係る浮上型ヘッドスライダは、ディスクドライブ装置本体に対してディスク状記録媒体が交換可能とされたディスクドライブ装置に用いられ、上記ディスクドライブ装置本体内に装着されたディスク状記録媒体の回転により発生する空気流により、上記ディスク状記録媒体から100nm以下の浮上量で浮上して、上記ディスク状記録媒体に対して信号の書き込み及び／又は読み出しを行う浮上型ヘッドスライダにおいて、上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に段差部が形成され、当該段差部

の深さが $0.4\mu\text{m}\sim 1.2\mu\text{m}$ の範囲内とされていることを特徴としている。

この浮上型ヘッドスライダにおいては、ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $0.4\mu\text{m}$ 以上とされることにより、塵埃等が付着した場合であっても、浮上量の低下が抑制される。

また、この浮上型ヘッドスライダにおいては、ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $1.2\mu\text{m}$ 以下とされることにより、ディスク状記録媒体に対向する面とディスク状記録媒体とがなす角であるピッチ角が $20\mu\text{rad}$ 以上となり、浮上しているときの姿勢が安定する。

また、本発明に係る他の浮上型ヘッドスライダは、ディスクドライブ装置本体に対してディスク状記録媒体が交換可能とされたディスクドライブ装置に用いられ、上記ディスクドライブ装置本体に装着されたディスク状記録媒体の回転により発生する空気流により、上記ディスク状記録媒体から $20\text{nm}\sim 100\text{nm}$ の浮上量で浮上して、上記ディスク状記録媒体に対して信号の書き込み及び／又は読み出しを行う浮上型ヘッドスライダにおいて、上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが $0.3\mu\text{m}\sim 1.2\mu\text{m}$ の範囲内とされていることを特徴としている。

この浮上型ヘッドスライダにおいては、ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $0.3\mu\text{m}$ 以上とされることにより、塵埃等が付着した場合であっても、浮上量の急激な低下が抑制され、仮りに浮上量が低下した場合であっ

ても、その低下量は僅かであるので、 20 nm 以上の浮上量で浮上する浮上型ヘッドスライダの許容範囲内となる。

また、この浮上型ヘッドスライダにおいては、ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $1.2\text{ }\mu\text{ m}$ 以下とされることにより、ピッチ角が $20\text{ }\mu\text{ rad}$ 以上となり、浮上しているときの姿勢が安定する。

また、本発明に係るディスクドライブ装置は、ディスクドライブ装置本体に対してディスク状記録媒体が交換可能とされたディスクドライブ装置であって、上記ディスクドライブ装置本体内に装着されたディスク状記録媒体を回転駆動するディスク回転駆動手段と、上記ディスク状記録媒体の回転により発生する空気流により、上記ディスク状記録媒体から 100 nm 以下の浮上量で浮上して、上記ディスク状記録媒体に対して信号の書き込み及び／又は読み出しを行う浮上型ヘッドスライダと、上記浮上型ヘッドスライダを上記ディスク状記録媒体の半径方向に移動させるアクチュエータとを備え、上記浮上型ヘッドスライダには、上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが $0.4\text{ }\mu\text{ m}\sim 1.2\text{ }\mu\text{ m}$ の範囲内とされていることを特徴としている。

このディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッドスライダのディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $0.4\text{ }\mu\text{ m}$ 以上とされているので、浮上型ヘッドスライダに塵埃等が付着した場合であっても、この浮上型ヘッドスライダの浮上量の低下が抑制される。

したがって、このディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッ

ドスライダとディスク状記録媒体とが衝突してしまうといった不都合を有効に回避して、浮上型ヘッドスライダやディスク状記録媒体の損傷を未然に防止することができる。

また、このディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッドスライダのディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $1.2\mu\text{m}$ 以下とされているので、ピッチ角が $20\mu\text{rad}$ 以上となり、浮上型ヘッドスライダがディスク状記録媒体上を浮上しているときの姿勢が安定する。

したがって、このディスクドライブ装置においては、スペーシングの変動を抑制して、ディスク状記録媒体に対する信号の記録再生を安定的に行うことができる。

また、本発明に係る他のディスクドライブ装置は、ディスクドライブ装置本体に対してディスク状記録媒体が交換可能とされたディスクドライブ装置であって、上記ディスクドライブ装置本体内に装着されたディスク状記録媒体を回転駆動するディスク回転駆動手段と、上記ディスク状記録媒体の回転により発生する空気流により、上記ディスク状記録媒体から $20\text{nm}\sim 100\text{nm}$ の浮上量で浮上して、上記ディスク状記録媒体に対して信号の書き込み及び／又は読み出しを行う浮上型ヘッドスライダと、上記浮上型ヘッドスライダを上記ディスク状記録媒体の半径方向に移動させるアクチュエータとを備え、上記浮上型ヘッドスライダには、上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが $0.3\mu\text{m}\sim 1.2\mu\text{m}$ の範囲内とされていることを特徴としている。

このディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッドスライダの

ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $0.3\mu\text{m}$ 以上とされているので、浮上型ヘッドスライダに塵埃等が付着した場合であっても、この浮上型ヘッドスライダの浮上量の急激な低下が抑制され、仮りに浮上量が低下した場合であっても、その低下量は僅かであるので、 20nm 以上の浮上量で浮上する浮上型ヘッドスライダの許容範囲内となる。

したがって、このディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッドスライダとディスク状記録媒体とが衝突してしまうといった不都合を有効に回避して、浮上型ヘッドスライダやディスク状記録媒体の損傷を未然に防止することができる。

また、このディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッドスライダのディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $1.2\mu\text{m}$ 以下とされているので、ピッチ角が $20\mu\text{rad}$ 以上となり、浮上型ヘッドスライダがディスク状記録媒体上を浮上しているときの姿勢が安定する。

したがって、このディスクドライブ装置においては、スペーシングの変動を抑制して、ディスク状記録媒体に対する信号の記録再生を安定的に行うことができる。

図面の簡単な説明

図1は、従来のハードディスクドライブ装置の要部を模式的に示す斜視図である。

図2は、従来のハードディスクドライブ装置の要部を模式的に示す側面図である。

図 3 は、従来のハードディスクドライブ装置に用いられた浮上型ヘッドスライダの一例を示す図であり、この浮上型ヘッドスライダを下斜め前方から見た様子を示す斜視図である。

図 4 は、従来のハードディスクドライブ装置に用いられた浮上型ヘッドスライダの一例を示す側面図である。

図 5 は、本発明を適用したハードディスクドライブ装置の概略構成を示す斜視図である。

図 6 は、本発明を適用したハードディスクドライブ装置に用いられる浮上型ヘッドスライダの一例を示す図であり、この浮上型ヘッドスライダを下斜め前方から見た様子を示す斜視図である。

図 7 は、本発明を適用したハードディスクドライブ装置に用いられた浮上型ヘッドスライダの一例を示す側面図である。

図 8 は、本発明を適用したハードディスクドライブ装置に用いられる浮上型ヘッドスライダの一例を、具体的寸法の一例を表記して示す底面図である。

図 9 は、本発明を適用したハードディスクドライブ装置に用いられる浮上型ヘッドスライダの一例を、具体的寸法の一例を表記して示す側面図である。

図 10 は、浮上型ヘッドスライダのステップの深さと浮上量との関係を示す図である。

図 11 は、ステップの幅方向の中央部に塵埃が付着した状態（A 状態）の浮上型ヘッドスライダを示す底面図である。

図 12 は、ステップの幅方向の中央部に塵埃が付着した状態（A 状態）の浮上型ヘッドスライダを示す側面図である。

図 13 は、ステップの幅方向の全域に亘って塵埃が付着した状態

(B 状態) の浮上型ヘッドスライダを示す底面図である。

図 1 4 は、ステップの幅方向の全域に亘って塵埃が付着した状態 (B 状態) の浮上型ヘッドスライダを示す側面図である。

図 1 5 は、浮上型ヘッドスライダのステップの深さと浮上量の変化量との関係を示す図である。

図 1 6 は、浮上型ヘッドスライダのステップの深さとピッチ角との関係を示す図である。

図 1 7 は、本発明を適用したハードディスクドライブ装置に用いられる浮上型ヘッドスライダの他の例を示す図であり、この浮上型ヘッドスライダを下斜め前方から見た様子を示す斜視図である。

図 1 8 は、スキュー角の変動を説明するための図である。

図 1 9 は、本発明を適用したハードディスクドライブ装置に用いられる浮上型ヘッドスライダの更に他の例を示す図であり、この浮上型ヘッドスライダを下斜め前方から見た様子を示す斜視図である。

図 2 0 は、浮上型ヘッドスライダの更に他の例を示す図であり、この浮上型ヘッドスライダを下斜め前方から見た様子を示す斜視図である。

図 2 1 は、浮上型ヘッドスライダの更に他の例を示す側面図である。

図 2 2 は、浮上型ヘッドスライダのテーパの傾斜角と浮上量との関係を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照

しながら詳細に説明する。

本発明を適用したハードディスクドライブ装置の一例を図 5 に示す。この図 5 に示すハードディスクドライブ装置 10 は、ハードディスクドライブ装置本体 11 に対して磁気ディスク 30 が交換可能とされた、所謂、リムーバブル型のハードディスクドライブ装置である。

このハードディスクドライブ装置 10 において、ハードディスクドライブ装置本体 11 は、アルミニウム合金等により形成された筐体 12 を備え、この筐体 12 の内部に設けられたディスク装着部 13 に磁気ディスク 30 が装着されるようになされている。

筐体 12 には、ディスク装着部 13 のほぼ中央部に位置して、磁気ディスク 30 を角速度一定で回転操作するスピンドルモータ 14 が取り付けられている。

また、この筐体 12 には、揺動アーム 15 が、垂直軸 15 a を揺動中心として揺動可能に取り付けられている。そして、この揺動アーム 15 の垂直軸 15 a にて支持された部分の近傍には、ボイスコイル 16 が取り付けられている。また、この揺動アーム 15 の揺動端には、浮上型ヘッドスライダ 20 が取り付けられている。

さらに、筐体 12 には、揺動アーム 15 に取り付けられたボイスコイル 16 を挟持するように一対のマグネット 17 (図 1 においては、一方のマグネットのみを図示している) が取り付けられており、これら一対のマグネット 17 とボイスコイル 16 とにより、ボイスコイルモータ 18 が構成されている。

また、筐体 12 の側壁部近傍には、揺動アーム 15 の揺動軌跡に沿ってランプ 19 が設けられており、ディスク装着部 13 に磁気デ

ディスク 30 が装着されていないときは、揺動アーム 15 の揺動端に取り付けられた浮上型ヘッドスライダ 20 が、このランプ 19 に支持されるようになされている。

また、このハードディスクドライブ装置 10 において、磁気ディスク 30 は、カートリッジ 31 内に收容され、ディスクカートリッジ 32 として構成されている。

磁気ディスク 30 を收容するカートリッジ 31 には、一方の側面部に、揺動アーム 15 の揺動端側及びこの揺動アーム 15 の揺動端に取り付けられた浮上型ヘッドスライダ 20 をカートリッジ 31 の内部に進入させるための開口部 33 が設けられている。また、カートリッジ 31 には、この開口部 33 を開閉するためのシャッタ 34 が取り付けられており、ディスクカートリッジ 32 がハードディスクドライブ装置本体 11 に装着されないときは、開口部 33 がシャッタ 34 により閉塞されるようになされている。

以上のように構成されるハードディスクドライブ装置 10 は、ハードディスクドライブ装置本体 11 のディスク装着部 13 にディスクカートリッジ 32 が装着されると、カートリッジ 31 内の磁気ディスク 30 がスピンドルモータ 14 にチャッキングされると共に、図示しないシャッタ移動機構によりシャッタ 34 が移動操作される。

そして、ボイスコイルモータ 18 に外部から電流が供給されることにより、揺動アーム 15 が、このボイスコイルモータ 18 に流れる電流とマグネット 17 の磁界とによって生ずる力に基づいて回転し、揺動アーム 15 の揺動端側及びその揺動端に取り付けられた浮上型ヘッドスライダ 20 が、カートリッジ 31 に設けられた開口部 33 を介してカートリッジ 31 内に進入し、磁気ディスク 30 上に

ロードされる。

磁気ディスク 30 上に浮上型ヘッドスライダ 20 がロードされると、浮上型ヘッドスライダ 20 により、磁気ディスク 30 に予め記録されたサーボ信号が読みとられ、その結果がフィードバックされてボイスコイルモータ 18 に供給する電流値が制御される。そして、この電流値に応じて揺動アーム 17 が揺動されることにより、シーク動作が行われ、浮上型ヘッドスライダ 20 が所定の記録トラックへと移動されて、浮上型ヘッドスライダ 20 による信号の書き込み及び読み出しが行われると共に、トラッキング制御が行われる。

このハードディスクドライブ装置 10 に用いられる浮上型ヘッドスライダ 20 の一例を図 6 及び図 7 に示す。この図 6 及び図 7 に示す浮上型ヘッドスライダ 20 は、所謂、負圧利用型と呼ばれるものである。

この浮上型ヘッドスライダ 20 は、全体略直方体状に成形されており、その下面（磁気ディスク 30 に対する対向面）には、幅方向の両側（磁気ディスク 30 の半径方向に沿った方向の両側）に、空気流入側の端部から空気流出側の端部に亘って、エアベアリングサーフェイスとして機能する 2 本のレール 21, 22 が設けられている。また、この浮上型ヘッドスライダ 20 の下面には、空気流入側の端部に位置して、2 本のレール 21, 22 を連結するように形成されたレール（以下、クロスレール 23 という。）が設けられている。そして、これら 2 本のレール 21, 22 とクロスレール 23 とに囲まれた部分が、これら 2 本のレール 21, 22 とクロスレール 23 の表面（磁気ディスク 30 に対する対向面）よりも窪んだ領域（以下、この領域をキャビティ 24 という。）とされている。

この浮上型ヘッドスライダ 20 において、キャビティ 24 は、クロスレール 23 で生じた正圧を開放することにより負圧を発生させる負圧発生帯として機能する。即ち、浮上型ヘッドスライダ 20 と磁気ディスク 30 との間に空気流が流入すると、この空気流は、先ず、クロスレール 23 に衝突して圧縮され、正圧が発生する。これにより、浮上型ヘッドスライダ 20 に浮揚力が与えられる。

そして、クロスレール 23 により圧縮された空気流は、キャビティ 24 内に流入した際に急激に膨張されて負圧となり、この負圧により浮上型ヘッドスライダ 20 と磁気ディスク 30 との間に吸引力が発生する。

浮上型ヘッドスライダ 20 は、この浮揚力及び吸引力により、磁気ディスク 30 上を所定の浮上量をもって安定的に浮上走行するようになされている。

この負圧利用型の浮上型ヘッドスライダ 20 は、線速依存性を抑制するものとして知られている。即ち、磁気ディスク 30 は、スピンドルモータ 14 により角速度一定で回転操作されているので、その外周側と内周側とでは、線速度が異なったものとなっている。そして、浮上型ヘッドスライダ 20 と磁気ディスク 30 との間に流入する空気流は、浮上型ヘッドスライダ 20 が磁気ディスク 30 の内周側を浮上しているときよりも浮上型ヘッドスライダ 20 が磁気ディスク 30 の外周側を浮上しているときの方が速い。このため、負圧を利用しない浮上型ヘッドスライダにおいては、磁気ディスク 30 の外周側を浮上しているときの方が、磁気ディスク 30 の内周側を浮上しているときよりも浮上量が大きくなってしまう。

これに対して、負圧利用型の浮上型ヘッドスライダ 20 において

は、磁気ディスク 30 の外周側を浮上しているときの方が浮揚力は大きくなるが、線速が速い分、負圧帯にて発生する負圧も大きくなり、これら浮揚力の上昇が負圧の発生により相殺され、線速依存性が抑制されることになる。

この浮上型ヘッドスライダ 20 下面の空気流入側の端部、即ち、クロスレール 23 の空気流側の端部には、クロスレール 23 の高さ方向に所定の深さで切り欠かれ、クロスレール 23 の表面から一段窪んだ形状とされた段差部（以下、ステップ 25 という。）が形成されている。このステップ 25 は、浮上型ヘッドスライダ 20 と磁気ディスク 30 との間に発生する正圧（浮揚力）のピークを浮上型ヘッドスライダ 20 の長さ方向の 2 箇所を生じさせて、浮上型ヘッドスライダ 20 の長さ方向（ピッチ方向）における姿勢の安定化を図る機能を有する。なお、上述したキャビティ 24 は、このステップ 25 よりもさらに窪んだ形状とされている。

また、この浮上型ヘッドスライダ 20 の空気流出側の端部には、磁気ヘッド素子 26 が組み込まれている。なお、図 7 においては、磁気ヘッド素子 26 を浮上型ヘッドスライダ 20 の後端面に組み込んだ例を図示しているが、磁気ヘッド素子 26 を組み込む場所は、この例に限定されるものではなく、例えば、一方のレール 21 又は他方のレール 22 の表面の空気流出側の端部に設けるようにしてもよい。

以上のように構成される浮上型ヘッドスライダ 20 の具体的な寸法の一例を図 8 及び図 9 に示す。なお、図 8 は、浮上型ヘッドスライダ 20 を下面側から見た平面図であり、図 9 は、浮上型ヘッドスライダ 20 の側面図である。また、図 9 において、キャビティ 24

やステップ25の形状は、実際の寸法よりも誇張して示している。

この浮上型ヘッドスライダ20は、その全体が、前後方向の長さ $L = 2050 \mu\text{m}$ 、幅 $W = 1600 \mu\text{m}$ 、厚さ $T = 430 \mu\text{m}$ とされた直方体状を呈しており、ここに、上記キャビティ24が切削形成されることにより、2本のレール21、22及びクロスレール23が形成される。

キャビティ24は、前後方向の長さ $L = 1645 \mu\text{m}$ 、幅 $W = 1200 \mu\text{m}$ 、深さ $D = 4 \mu\text{m}$ とされ、浮上型ヘッドスライダ20全体の長さ方向の後端側であって且つ幅方向の中央部に形成されている。したがって、2本のレール21、22は、それぞれ、前後方向の長さ $L = 1645 \mu\text{m}$ 、幅 $W = 200 \mu\text{m}$ とされる。また、クロスレール23は、前後方向の長さ $L = 405 \mu\text{m}$ 、幅 $W = 1600 \mu\text{m}$ とされる。

また、クロスレール23の空気流入側の端部には、前後方向の長さ $L = 205 \mu\text{m}$ 、幅 $W = 1600 \mu\text{m}$ 、深さ D が所定の値に設定されたステップ25が形成されている。

ここで、ステップ25の深さ D について考察した結果、浮上型ヘッドスライダ20をリムーバブル型のハードディスクドライブ装置10に用いることを想定すると、ステップ25の深さ D は、 $0.3 \mu\text{m} \sim 1.2 \mu\text{m}$ の範囲内が有効であり、 $0.4 \mu\text{m} \sim 1.2 \mu\text{m}$ の範囲内であればより望ましいことが解明された。

浮上型ヘッドスライダ20をリムーバブル型のハードディスクドライブ装置10に用いた場合、ハードディスクドライブ装置10の筐体12内に侵入した塵埃等が浮上型ヘッドスライダ20に付着する可能性が高い。そこで、浮上型ヘッドスライダ20としては、塵

埃等が付着した場合であっても、浮上量の低下を生じさせず、また、仮に、浮上量の低下が生じた場合であっても、その低下量が許容範囲内に抑えられることが要求される。

浮上型ヘッドスライダ 20 のステップ 25 の深さ D と浮上量との関係をコンピュータシミュレーションによって計算した結果を図 10 に示す。この図 10 において、縦軸は浮上型ヘッドスライダ 20 の浮上量を示し、横軸は浮上型ヘッドスライダ 20 のステップ 25 の深さ D の値を示している。

また、図 10 中、実線で示すグラフは、浮上型ヘッドスライダ 20 に塵埃等が付着していない場合のものであり、点線で示すグラフは、図 11 及び図 12 に示すように、浮上型ヘッドスライダ 20 のステップ 25 の幅方向のほぼ中央部に、長さが $100\ \mu\text{m}$ 、幅が $400\ \mu\text{m}$ の領域に亘って塵埃 27 が付着した状態（以下、A 状態という。）のものであり、2 点鎖線で示すグラフは、図 13 及び図 14 に示すように、浮上型ヘッドスライダ 20 のステップ 25 の幅方向のほぼ全域に、長さが $50\ \mu\text{m}$ 程度の領域に亘って塵埃 27 が付着した状態（以下、B 状態という。）のものである。なお、この図 10 に示す各グラフは、図 8 及び図 9 に示す寸法で形成された浮上型ヘッドスライダ 20 を、2.5 インチハードディスクドライブ装置に搭載し、回転数を $4500\ \text{rpm}$ に設定した場合のものである。

この図 10 から、浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さ D が約 $0.4\ \mu\text{m}$ 以上のときは、塵埃 27 が付着した状態（A 状態、B 状態）の方が、塵埃等が付着していない場合よりもかえって浮上量が増加していることが分かる。この結果は、塵埃 27 の付着状態（A 状態か B 状態か）にかかわらず、ほぼ一致している。ま

た、浮上型ヘッドスライダ 20 は、その寸法や形状が変わった場合であっても、ほぼ同様の傾向がみられることが確認された。

以上の結果から、浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さ D を $0.4 \mu\text{m}$ 以上とすることにより、塵埃等が付着した場合であっても、浮上量の低下を抑制することができることが分かった。

また、浮上型ヘッドスライダ 20 のステップ 25 の深さ D と、浮上型ヘッドスライダ 20 に塵埃 27 が付着した場合の浮上量の変化量との関係をコンピュータシミュレーションによって計算した結果を図 15 に示す。この図 15 において、縦軸は浮上型ヘッドスライダ 20 に塵埃 27 が付着した場合の浮上量を、塵埃 27 が付着しない場合の浮上量と比較して求めた浮上量の変化量を示しており、横軸は浮上型ヘッドスライダ 20 のステップ 25 の深さ D の値を示している。

また、図 15 中、点線で示すグラフは、浮上型ヘッドスライダ 20 のステップ 25 の幅方向のほぼ中央部に塵埃 27 が付着した A 状態のものであり、2 点鎖線で示すグラフは、浮上型ヘッドスライダ 20 のステップ 25 の幅方向のほぼ全域に塵埃 27 が付着した B 状態のものである。なお、この図 15 に示す各グラフも、図 10 に示した各グラフと同様に、図 8 及び図 9 に示す寸法で形成された浮上型ヘッドスライダ 20 を、2.5 インチハードディスクドライブ装置に搭載し、回転数を 4500 rpm に設定した場合のものである。

この図 15 から、A 状態及び B 状態の浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さ D が約 $0.4 \mu\text{m}$ 以上となると、浮上量の変化量がプラスに転じていることが分かる。すなわち、浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さ D が $0.4 \mu\text{m}$ 以上の場合

は、塵埃 27 が付着するとかえって浮上量が増加することになる。

また、この図 15 から、浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さ D が $0.4\ \mu\text{m}$ 以下の場合でも、約 $0.3\ \mu\text{m}$ 以上であれば、塵埃 27 が付着した場合の浮上量の急激な低下が抑えられ、その低下量が $2\ \text{nm}$ 程度に抑えられることが分かる。この結果は、塵埃 27 の付着状態（A 状態か B 状態か）にかかわらず、ほぼ一致している。また、浮上型ヘッドスライダ 20 は、その寸法や形状が変わった場合であっても、ほぼ同様の傾向がみられることが確認された。

一般的に、ハードディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッドスライダの浮上量の約 10% が浮上量変動の許容範囲とされている。したがって、浮上型ヘッドスライダ 20 は、浮上量が $20\ \text{nm}$ 以上に設定されたハードディスクドライブ装置に用いる場合には、ステップ 25 の深さ D を $0.3\ \mu\text{m}$ 以上とすることにより、浮上量の低下があった場合でも、その低下量を許容範囲内に抑えることができる。

以上説明したように、浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さ D を $0.3\ \mu\text{m}$ 以上、好ましくは、 $0.4\ \mu\text{m}$ 以上とすることにより、塵埃等が付着した場合であっても、浮上量の低下を抑制し、また、仮に、浮上量の低下が合った場合であっても、その低下量を小さく抑えることができる。したがって、ステップ 25 の深さ D が以上のように設定された浮上型ヘッドスライダ 20 は、例えばリムーバブル型のハードディスクドライブ装置 10 のように、塵埃等の付着が予測される環境下でも有効に用いることが可能である。

ところで、浮上型ヘッドスライダ 20 は、先に図 7 に示したよう

に、磁気ディスク 30 との間の間隔が、空気流入側の端部の方が空気流出側の端部よりも若干大きくなるような姿勢を維持することにより、磁気ディスク 30 上を安定的に浮上するようになされている。しかしながら、浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さがあまり大きいと、下面（磁気ディスク 30 に対する対向面）と磁気ディスク 30 とがなす角であるピッチ角が小さくなりすぎて、長さ方向における姿勢が不安定になってしまう。一般に、浮上型ヘッドスライダ 20 は、ピッチ角が $20 \mu\text{rad}$ 未満となると、長さ方向における姿勢が非常に不安定になる。そして、浮上型ヘッドスライダ 20 の長さ方向における姿勢が不安定になると、浮上型ヘッドスライダ 20 の空気流出側の端部に組み込まれた磁気ヘッド素子 26 と磁気ディスク 30 との間の間隔、即ちスペーシングに変動を生じさせてしまう。

この浮上型ヘッドスライダ 20 のステップ 25 の深さ D とピッチ角との関係をコンピュータシミュレーションによって計算した結果を図 16 に示す。この図 16 において、縦軸はピッチ角を示しており、横軸は浮上型ヘッドスライダ 20 のステップ 25 の深さ D の値を示している。

この図 16 から、浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さ D が $1.2 \mu\text{m}$ 以上となると、ピッチ角が $20 \mu\text{rad}$ 未満となることが分かる。すなわち、浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さ D が $1.2 \mu\text{m}$ 以上の場合は、長さ方向における姿勢が非常に不安定になる。

この結果は、浮上型ヘッドスライダ 20 の大きさや形状にさほど依存せず、あらゆるタイプの浮上型ヘッドスライダにおいて、ほぼ

同様の結果が得られることが分かった。

したがって、浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さ D を $1.2\ \mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。浮上型ヘッドスライダ 20 は、ステップ 25 の深さ D を $1.2\ \mu\text{m}$ 以下とすることにより、長さ方向の姿勢の安定化を図り、スペーシング変動を抑制して、磁気ディスク 30 に対して信号を適切に書き込み、また、磁気ディスク 30 から信号を適切に読み出すことができる。

本発明を適用したハードディスクドライブ装置 10 に用いられる浮上型ヘッドスライダ 20 の他の例を図 17 に示す。この図 17 に示す浮上型ヘッドスライダ 20 は、基本構成を上述した浮上型ヘッドスライダ 20 と同様とし、幅方向の両端部、即ち、レール 21 の幅方向の端部及びレール 22 の幅方向の端部に、これらレール 21, 22 の高さ方向に所定の深さで切り欠かれ、レール 21, 22 の表面（磁気ディスク 30 に対する対向面）から一段窪んだ形状とされた段差部（以下、サイドステップ 28, 29 という。）が形成されていることを特徴としている。

なお、以下の説明においては、この特徴点のみを説明し、上述した浮上型ヘッドスライダ 20 と同様の構成については、図面に同一の符号を付して、詳細な説明を省略する。

揺動アーム 15 の揺動端に取り付けられた浮上型ヘッドスライダ 20 は、揺動アーム 15 が垂直軸 15a を中心として回転すると、図 18 に示すように、磁気ディスク 30 の表面に対して、直線的ではなく、円弧方向に移動することになる。したがって、浮上型ヘッドスライダ 20 は、その中心線が磁気ディスク 30 の記録トラックの接線方向からずれて、所謂スキュー角 θ_s が生じることになる。

このスキュー角 θ_s は、磁気ディスク30の中心oからの位置に応じて変動する。そして、スキュー角 θ_s が大きくなると、磁気ディスク30の表面と浮上型ヘッドスライダ20との間の正圧の浮揚力への変換効率が低下する。したがって、一般的には、浮上型ヘッドスライダは、スキュー角 θ_s が大きくなると、浮上量が小さくなる傾向にある。

しかしながら、本例の浮上型ヘッドスライダ20においては、幅方向の両端部にサイドステップ28, 29が形成されており、このサイドステップ28, 29により、レール21, 22の側方から浮上型ヘッドスライダ20に当たる空気流に対しても浮揚力を発生させることができる。したがって、この浮上型ヘッドスライダ20においては、スキュー角 θ_s が大きくなって、クロスレール23の前側、すなわち、通常の空気流入側の端部から流入する空気流による浮揚力が低下しても、この浮揚力の低下分を、レール21, 22の側方からの空気流による浮揚力で補うことができ、全体としてスキュー角 θ_s の変動に依存しない、安定な浮上量特性を得ることができる。

ここで、本例の浮上型ヘッドスライダ20において、サイドステップ28, 29の深さは、上述した浮上型ヘッドスライダ20のステップ25の深さDと同様に、 $0.3\mu\text{m}$ 以上とすることが有効であり、 $0.4\mu\text{m}$ 以上とすることがより好ましい。

本例の浮上型ヘッドスライダ20は、サイドステップ28, 29の深さが以上のように設定されることにより、このサイドステップ28, 29に塵埃等が付着した場合であっても、浮上量の低下を抑制し、また、仮に、浮上量の低下が合った場合であっても、その低

下量を小さく抑えることができる。

なお、この浮上型ヘッドスライダ20において、スキュー角依存性を抑制するためには、図19に示すように、浮上型ヘッドスライダ20の幅方向の両端部に、レール21, 22の表面（磁気ディスク30に対する対向面）に対して所定の傾斜角を有し、浮上型ヘッドスライダ20の幅方向の最端部に向かうに従って浮上型ヘッドスライダ20の厚みを次第に小さくするような傾斜面（以下、サイドテーパー51, 52という。）を、サイドステップ28, 29に変えて形成することも有効である。

但し、このサイドテーパー51, 52は、研磨加工等により形成する必要がある、微細寸法とされる浮上型ヘッドスライダ20に精密に形成することが困難である。これに対して、サイドステップ28, 29は、エッチング加工等により形成することができるので、比較的簡便且つ精度よく形成することができ、非常に有利である。

ところで、浮上型ヘッドスライダ20においては、上述したように、空気流入側の端部にステップ25を形成し、浮上型ヘッドスライダ20と磁気ディスク30との間に発生する正圧のピークを浮上型ヘッドスライダ20の長さ方向の2箇所が生じさせて、浮上型ヘッドスライダ20の長さ方向における姿勢の安定化を図るようにしているが、浮上型ヘッドスライダは、空気流入側の端部に傾斜面を形成することにより、ステップ25を形成した場合と同様の効果を発揮することができる。

以下、浮上型ヘッドスライダにおいて、空気流入側の端部に、ステップに変えて傾斜面（以下、テーパーという。）を形成した例について説明する。

この浮上型ヘッドスライダ 40 は、図 20 及び図 21 に示すように、基本構成を上述した浮上型ヘッドスライダ 20 と同様とし、空気流入側の端部に、ステップ 25 に変えて、テーパ 41 が形成されていることを特徴としている。

なお、以下の説明においては、この特徴点のみを説明し、上述した浮上型ヘッドスライダ 20 と同様の構成については、図面に同一の符号を付して、詳細な説明を省略する。

この浮上型ヘッドスライダ 40 において、テーパ 41 は、クロスレール 23 の表面（磁気ディスク 30 に対する対向面）に対して所定の傾斜角を有し、浮上型ヘッドスライダ 40 の空気流入側の最端部に向かうに従って浮上型ヘッドスライダ 40 の厚みを次第に小さくするような傾斜面として形成されている。

ここで、テーパ 41 の傾斜角の最適値について考察した結果、このテーパ 41 の傾斜角は、5.5 度以下であることが、テーパ 41 に塵埃等が付着した場合であっても有効であることが解明された。

浮上型ヘッドスライダ 40 のテーパ 41 の傾斜角と浮上量との関係をコンピュータシミュレーションによって計算した結果を図 22 に示す。この図 22 において、縦軸は浮上型ヘッドスライダ 40 の浮上量を示し、横軸は浮上型ヘッドスライダ 40 のテーパ 41 の傾斜角を示している。

また、図 22 中、実線で示すグラフは、浮上型ヘッドスライダ 40 に塵埃等が付着していない場合のものであり、点線で示すグラフは、図 11 及び図 12 に示した例と同様に、浮上型ヘッドスライダ 40 のテーパ 41 の幅方向のほぼ中央部に塵埃 27 が付着した A 状態のものである。なお、この図 22 に示す各グラフは、図 8 及び図

9に示した浮上型ヘッドスライダ20と同様の寸法で形成された浮上型ヘッドスライダ40を、2.5インチハードディスクドライブ装置に搭載し、回転数を4500rpmに設定した場合のものである。

この図22から、浮上型ヘッドスライダ40は、テーパ41の傾斜角が約5.5度以下のときは、塵埃27が付着したA状態の方が、塵埃等が付着していない場合よりもかえって浮上量が増加していることが分かる。なお、浮上型ヘッドスライダ40は、その寸法や形状が変わった場合であっても、ほぼ同様の傾向がみられることが確認された。

以上の結果から、浮上型ヘッドスライダ40は、テーパ41の傾斜角を5.5度以上とすることにより、塵埃等が付着した場合であっても、浮上量の低下を抑制することができることが分かった。

以上説明したように、浮上型ヘッドスライダにおいては、空気流入側の端部にテーパ41を形成することにより、ステップ25を形成した場合と同様の効果を発揮することができ、また、テーパ41の傾斜角を5.5度以下とすることにより、塵埃等が付着した場合であっても浮上量の低下を抑制することができる。

しかしながら、浮上型ヘッドスライダは、図8及び図9にその寸法の一例を示したように、非常に微細なものである。そして、この微細な浮上型ヘッドスライダに研磨加工等によりテーパ41を精度よく形成することは困難である。これに対して、ステップ25は、例えば、浮上型ヘッドスライダにエッチング加工を施す等により、比較的簡便且つ精度よく形成することができる。

したがって、上述したハードディスクドライブ装置10に用いる

浮上型ヘッドスライダとしては、空気流入側の端部にステップ 25 が形成された浮上型ヘッドスライダ 20 を用いることが望ましい。

本発明を適用したハードディスクドライブ装置 10 は、以上のよう
に、塵埃等が付着しても浮上量の低下が抑制され、また、仮に、
浮上量の低下が合った場合であっても、その低下量を極めて少なく
抑えることができる浮上型ヘッドスライダ 20 を用いるようにして
いるので、浮上型ヘッドスライダ 20 と磁気ディスク 30 とが衝突
するといった不都合を有効に回避して、浮上型ヘッドスライダ 20
や磁気ディスク 30 の損傷等を未然に防止することができる。

また、このハードディスクドライブ装置 10 においては、浮上型
ヘッドスライダ 20 に塵埃等が付着しても、浮上型ヘッドスライダ
20 や磁気ディスク 30 の損傷等が防止されるので、浮上型ヘッド
スライダ 20 に付着した塵埃等をクリーニングにより除去すること
により、浮上型ヘッドスライダ 20 の浮上量を正規の値に回復させ、
適切な記録再生を行うことができる。

また、このハードディスクドライブ装置 10 においては、塵埃等
が付着した場合の浮上型ヘッドスライダ 20 の浮上量の低下が抑制
されるので、浮上型ヘッドスライダ 20 の浮上量、即ち、浮上型ヘ
ッドスライダ 20 と磁気ディスク 30 との間の距離を小さく設定す
ることができる。ハードディスクドライブ装置 10 において、浮上
型ヘッドスライダ 20 と磁気ディスク 30 との間の距離を小さく設
定することは、高密度記録化を図る上で非常に有利である。したが
って、本発明を適用したハードディスクドライブ装置 10 は、高密
度記録化を実現することが可能となる。

また、本発明を適用したハードディスクドライブ装置 10 におい

ては、上述したように、長さ方向における姿勢を安定的に維持して磁気ディスク 30 上を浮上する浮上型ヘッドスライダ 20 を用いるようにしているので、スペーシングの変動を抑制して、磁気ディスク 30 に対する信号の記録再生を安定的に行うことができる。

なお、以上は、磁気ディスク 30 に対する対向面に 2 本のレール 21, 22 及びクロスレール 23 が形成された浮上型ヘッドスライダ 20 に本発明を適用した例について説明したが、本発明は、以上の例に限定されるものではなく、あらゆる形状の浮上型ヘッドスライダに適用することができる。

即ち、ステップ 25 の深さ D の最適な値は、上述したように、浮上型ヘッドスライダ 20 の大きさや形状にあまり依存しない。したがって、例えば 3 本以上のレールを有するものやレールが長手方向の中間部において分割されているもの、レールが Y 字状に分岐しているもの、或いはレールが屈曲したもの等、あらゆる形状の浮上型ヘッドスライダにおいて、空気流入側の端部にステップを設け、このステップの値を最適な値に設定することにより、上述した浮上型ヘッドスライダ 20 と同様の効果を発揮することができる。

また、以上は、磁気ディスク 30 を記録媒体として用いたハードディスクドライブ装置 10 に本発明を適用した例について説明したが、本発明は、この例に限定されるものではなく、例えば、記録媒体として光ディスクを用いた光ディスクドライブ装置等に適用することも可能である。

この場合は、浮上型ヘッドスライダ 20 に、磁気ヘッド素子 26 に変えて対物レンズや反射ミラー等が組み込まれ、レーザ光源からの光が光ファイバ等により浮上型ヘッドスライダ 20 上に導かれ、

浮上型ヘッドスライダ 20 に組み込まれた反射ミラーにより反射され、対物レンズにより集束されて光ディスク上に照射されることにより、光ディスクに対する信号の記録再生が行われることになる。

産業上の利用可能性

本発明に係る浮上型ヘッドスライダにおいては、ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $0.4\ \mu\text{m}$ 以上とされているので、塵埃等が付着した場合であっても、浮上量の低下が抑制される。

また、この浮上型ヘッドスライダにおいては、ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $1.2\ \mu\text{m}$ 以下とされているので、ピッチ角が $20\ \mu\text{rad}$ 以上となり、浮上しているときの姿勢が安定する。

また、本発明に係る他の浮上型ヘッドスライダにおいては、ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $0.3\ \mu\text{m}$ 以上とされているので、塵埃等が付着した場合であっても、浮上量の急激な低下が抑制され、仮りに浮上量が低下した場合であっても、その低下量は僅かであるので、 $20\ \text{nm}$ 以上の浮上量で浮上する浮上型ヘッドスライダの許容範囲内となる。

また、この浮上型ヘッドスライダにおいては、ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $1.2\ \mu\text{m}$ 以下とされているので、ピッチ角が $20\ \mu\text{rad}$ 以上となり、浮上しているときの姿勢が安定する。

また、本発明に係るディスクドライブ装置においては、浮上型ヘ

ッドスライダのディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $0.4\mu\text{m}$ 以上とされているので、浮上型ヘッドスライダに塵埃等が付着した場合であっても、この浮上型ヘッドスライダの浮上量の低下が抑制される。

したがって、このディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッドスライダとディスク状記録媒体とが衝突してしまうといった不都合を有効に回避して、浮上型ヘッドスライダやディスク状記録媒体の損傷を未然に防止することができる。

また、このディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッドスライダのディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $1.2\mu\text{m}$ 以下とされているので、ピッチ角が $20\mu\text{rad}$ 以上となり、浮上型ヘッドスライダがディスク状記録媒体上を浮上しているときの姿勢が安定する。

したがって、このディスクドライブ装置においては、スペーシングの変動を抑制して、ディスク状記録媒体に対する信号の記録再生を安定的に行うことができる。

また、本発明に係る他のディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッドスライダのディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $0.3\mu\text{m}$ 以上とされているので、浮上型ヘッドスライダに塵埃等が付着した場合であっても、この浮上型ヘッドスライダの浮上量の急激な低下が抑制され、仮りに浮上量が低下した場合であっても、その低下量は僅かであるので、 20nm 以上の浮上量で浮上する浮上型ヘッドスライダの許容範囲内となる。

したがって、このディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッ

ドスライダとディスク状記録媒体とが衝突してしまうといった不都合を有効に回避して、浮上型ヘッドスライダやディスク状記録媒体の損傷を未然に防止することができる。

また、このディスクドライブ装置においては、浮上型ヘッドスライダのディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に形成された段差部の深さが $1.2\mu\text{m}$ 以下とされているので、ピッチ角が $20\mu\text{rad}$ 以上となり、浮上型ヘッドスライダがディスク状記録媒体上を浮上しているときの姿勢が安定する。

したがって、このディスクドライブ装置においては、スペーシングの変動を抑制して、ディスク状記録媒体に対する信号の記録再生を安定的に行うことができる。

請 求 の 範 囲

1. ディスクドライブ装置本体に対してディスク状記録媒体が交換可能とされたディスクドライブ装置に用いられ、上記ディスクドライブ装置本体内に装着されたディスク状記録媒体の回転により発生する空気流により、上記ディスク状記録媒体から100nm以下の浮上量で浮上して、上記ディスク状記録媒体に対して信号の書き込み及び／又は読み出しを行う浮上型ヘッドスライダにおいて、

上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが0.4 μ m～1.2 μ mの範囲内とされていること

を特徴とする浮上型ヘッドスライダ。

2. 上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気が流入する方向に略直交する幅方向の両端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが0.4 μ m以上とされていること

を特徴とする請求の範囲第1項記載の浮上型ヘッドスライダ。

3. ディスクドライブ装置本体に対してディスク状記録媒体が交換可能とされたディスクドライブ装置に用いられ、上記ディスクドライブ装置本体内に装着されたディスク状記録媒体の回転により発生する空気流により、上記ディスク状記録媒体から20nm～100nmの浮上量で浮上して、上記ディスク状記録媒体に対して信号の書き込み及び／又は読み出しを行う浮上型ヘッドスライダにおいて、

上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが0.3 μ m～1.2 μ mの範囲内とされていること

を特徴とする浮上型ヘッドスライダ。

4. 上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気が流入する方向に略直交する幅方向の両端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが $0.3\mu\text{m}$ 以上とされていること

を特徴とする請求の範囲第3項記載の浮上型ヘッドスライダ。

5. ディスクドライブ装置本体に対してディスク状記録媒体が交換可能とされたディスクドライブ装置であって、

上記ディスクドライブ装置本体内に装着されたディスク状記録媒体を回転駆動するディスク回転駆動手段と、

上記ディスク状記録媒体の回転により発生する空気流により、上記ディスク状記録媒体から 100nm 以下の浮上量で浮上して、上記ディスク状記録媒体に対して信号の書き込み及び／又は読み出しを行う浮上型ヘッドスライダと、

上記浮上型ヘッドスライダを上記ディスク状記録媒体の半径方向に移動させるアクチュエータとを備え、

上記浮上型ヘッドスライダには、上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが $0.4\mu\text{m}\sim 1.2\mu\text{m}$ の範囲内とされていること

を特徴とするディスクドライブ装置。

6. 上記浮上型ヘッドスライダには、上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気が流入する方向に略直交する幅方向の両端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが $0.4\mu\text{m}$ 以上とされていること

を特徴とする請求の範囲第5項記載のディスクドライブ装置。

7. ディスクドライブ装置本体に対してディスク状記録媒体が交換

可能とされたディスクドライブ装置であって、

上記ディスクドライブ装置本体内に装着されたディスク状記録媒体を回転駆動するディスク回転駆動手段と、

上記ディスク状記録媒体の回転により発生する空気流により、上記ディスク状記録媒体から20nm～100nmの浮上量で浮上して、上記ディスク状記録媒体に対して信号の書き込み及び／又は読み出しを行う浮上型ヘッドスライダと、

上記浮上型ヘッドスライダを上記ディスク状記録媒体の半径方向に移動させるアクチュエータとを備え、

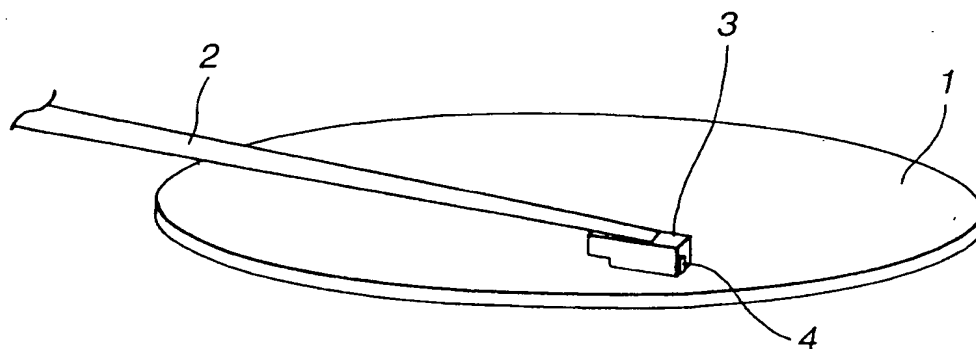
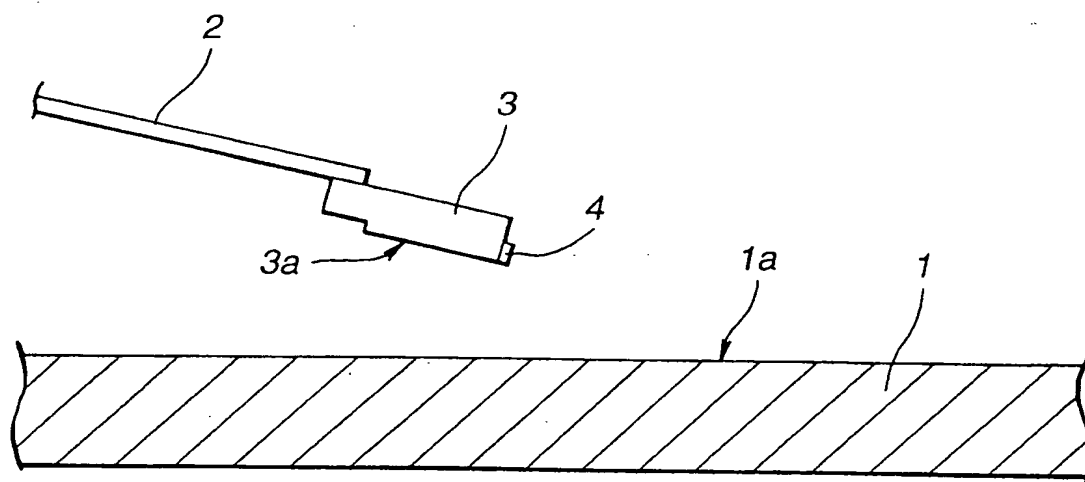
上記浮上型ヘッドスライダには、上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気流入側の端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが0.3μm～1.2μmの範囲内とされていること

を特徴とするディスクドライブ装置。

8. 上記浮上型ヘッドスライダには、上記ディスク状記録媒体に対向する面の空気が流入する方向に略直交する幅方向の両端部に段差部が形成され、当該段差部の深さが0.3μm以上とされていること

を特徴とする請求の範囲第7項記載のディスクドライブ装置。

1/13

**FIG. 1****FIG. 2**

2/13

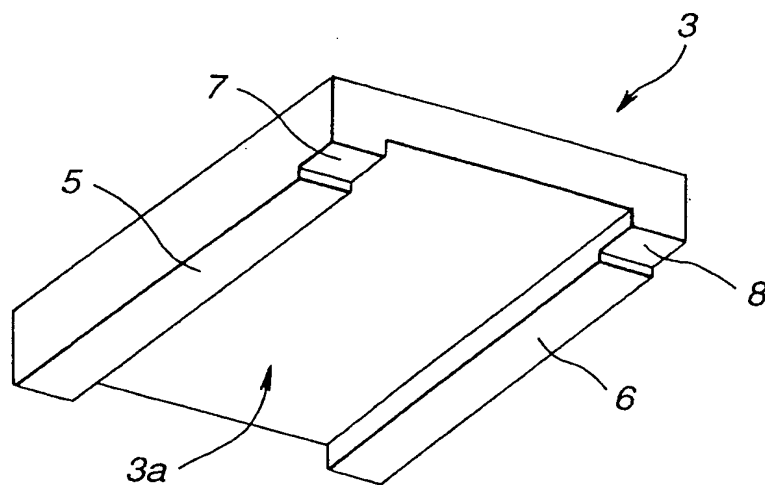


FIG. 3

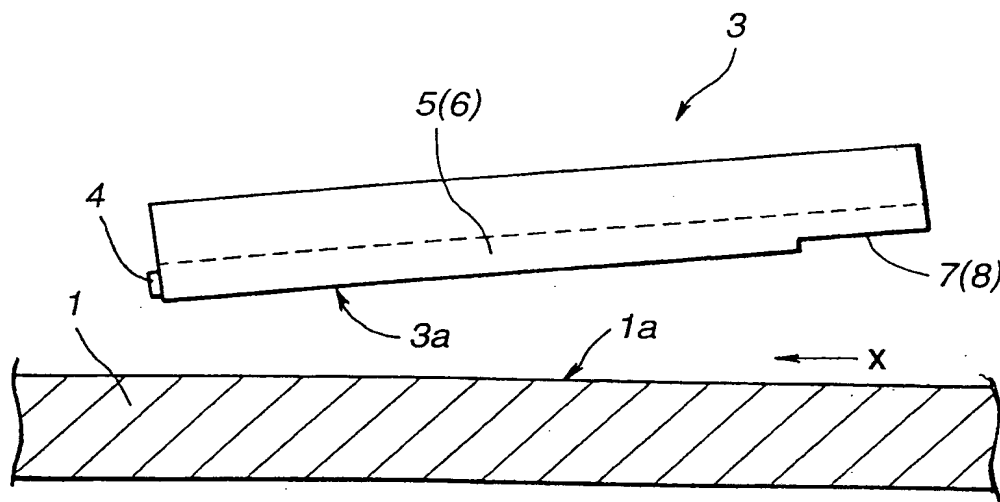


FIG. 4

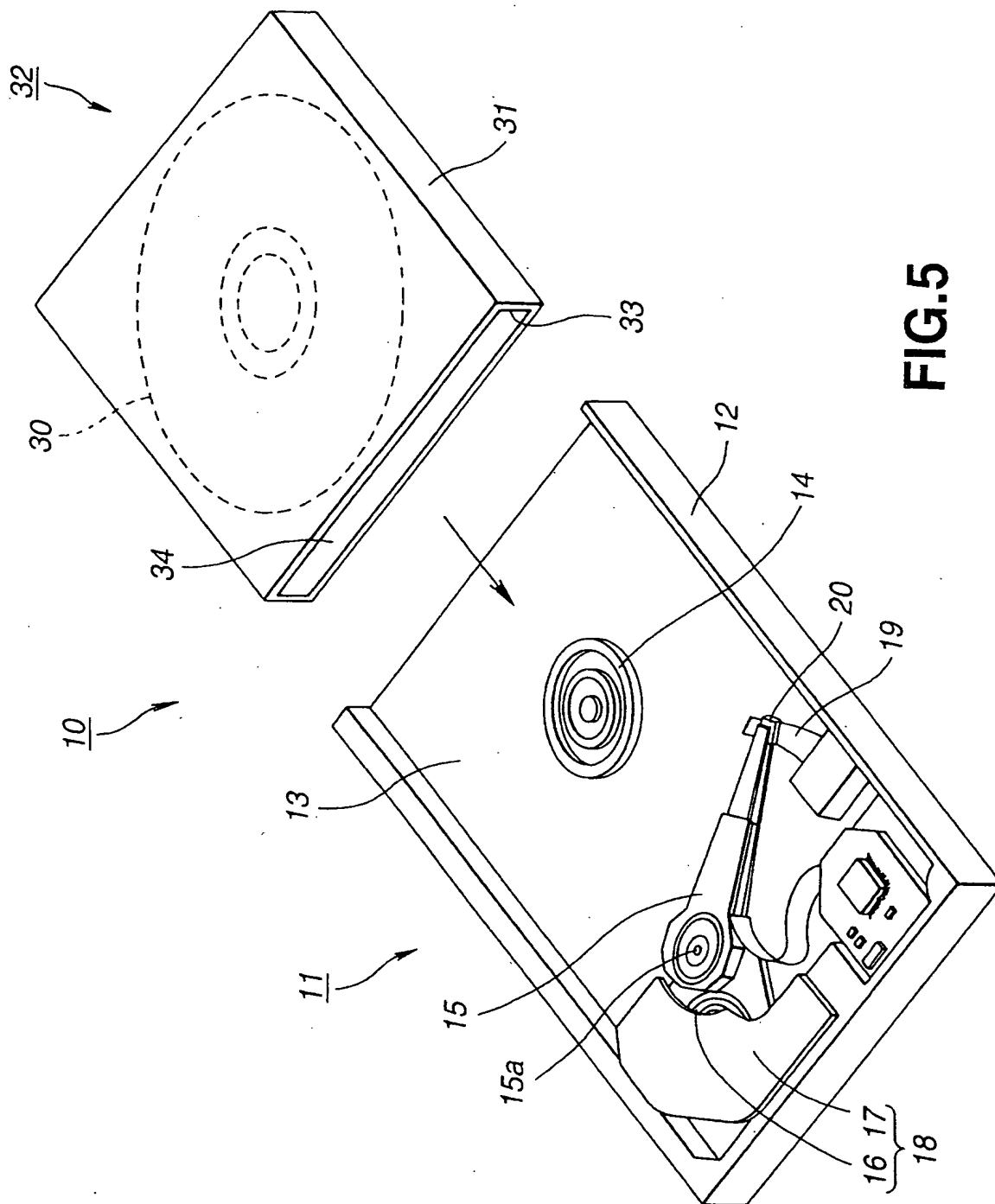
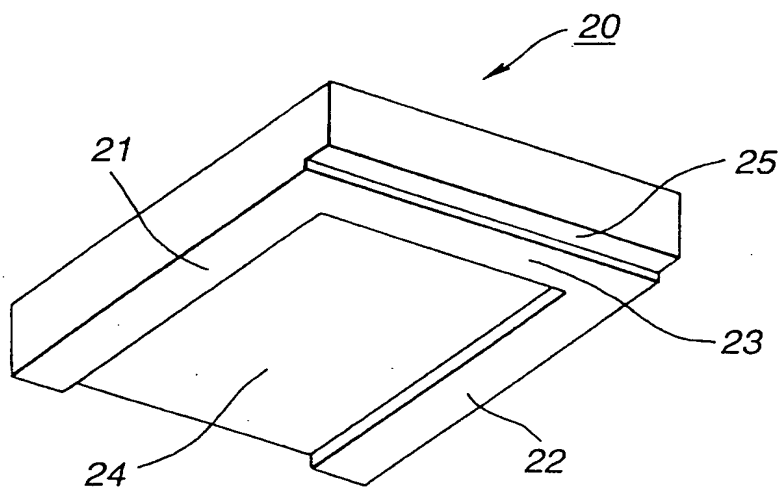
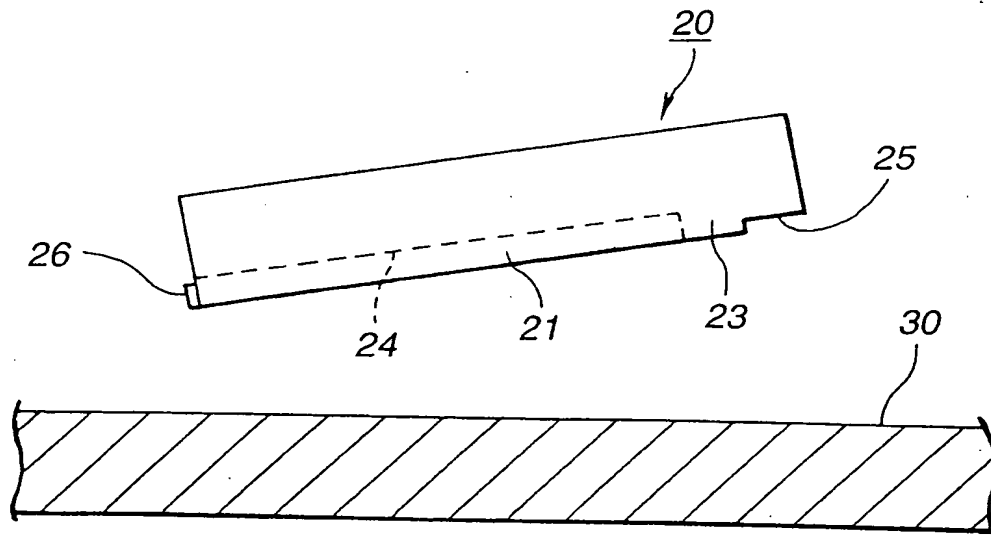


FIG. 5

4/13

**FIG. 6****FIG. 7**

5/13

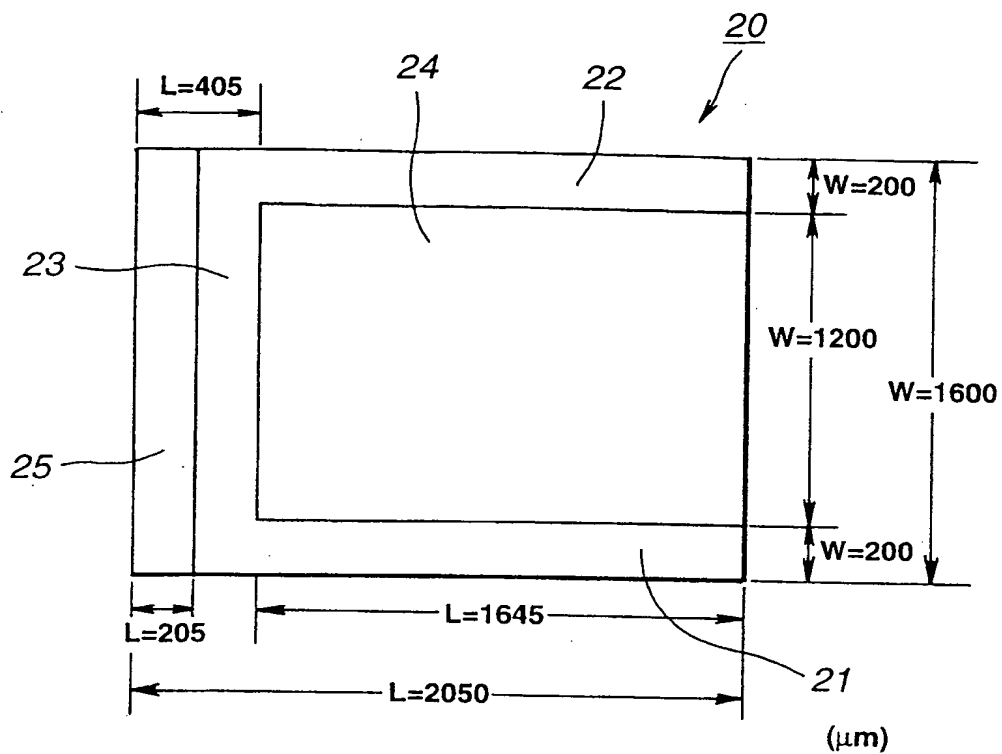


FIG. 8

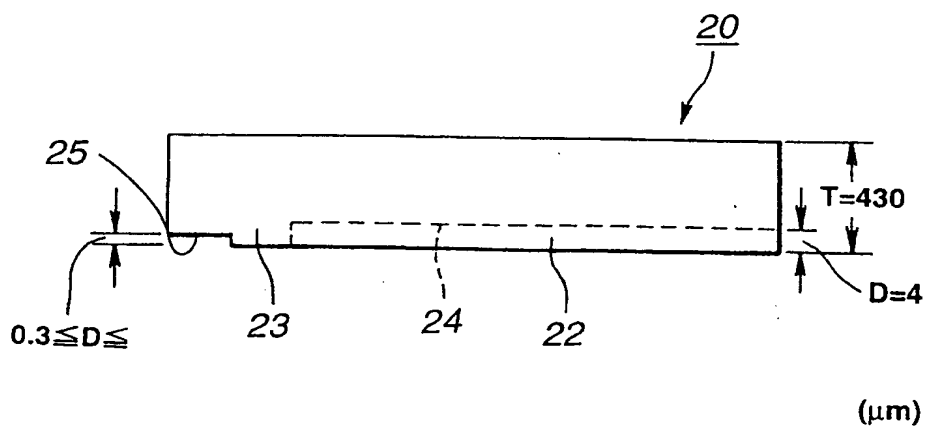


FIG. 9

6/13

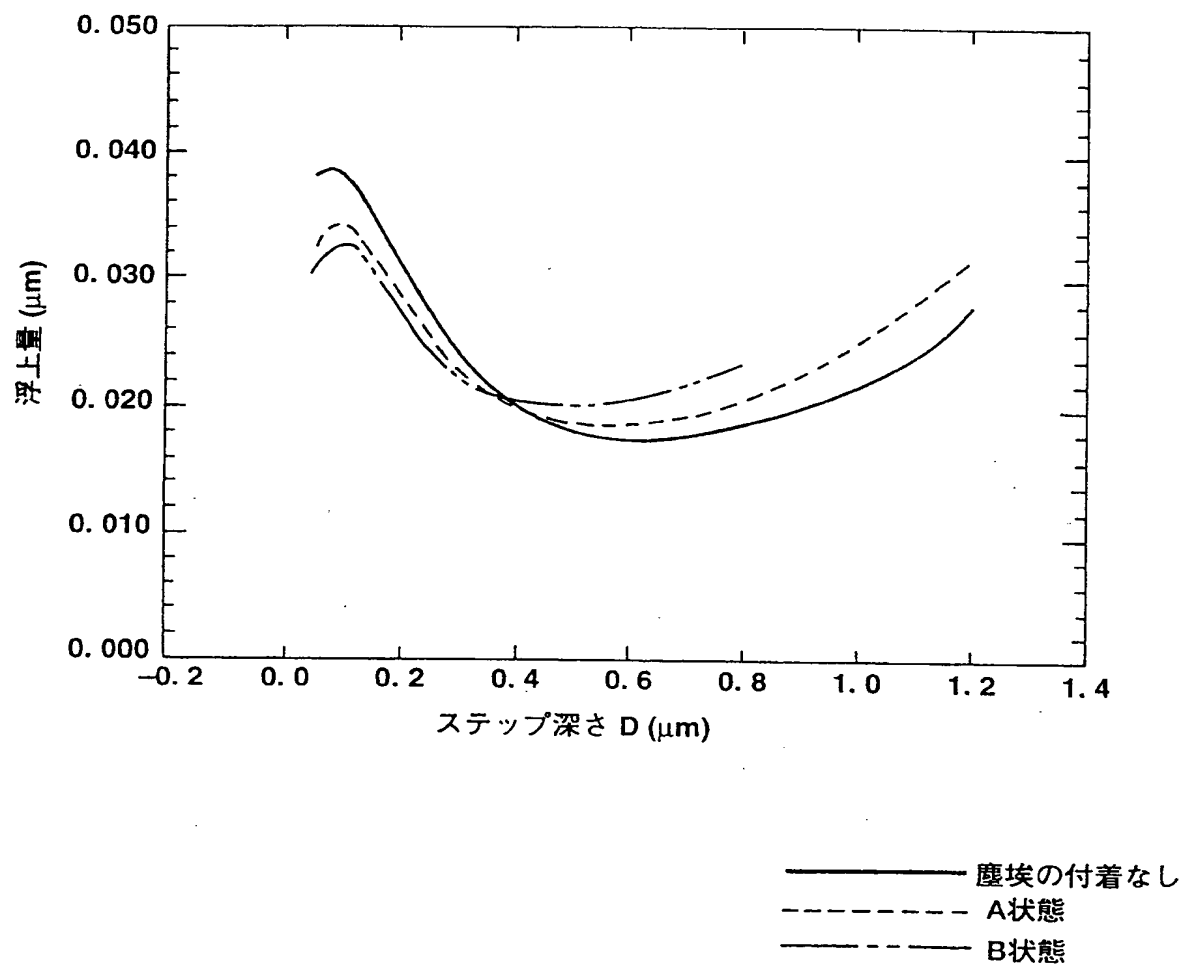


FIG.10

7/13

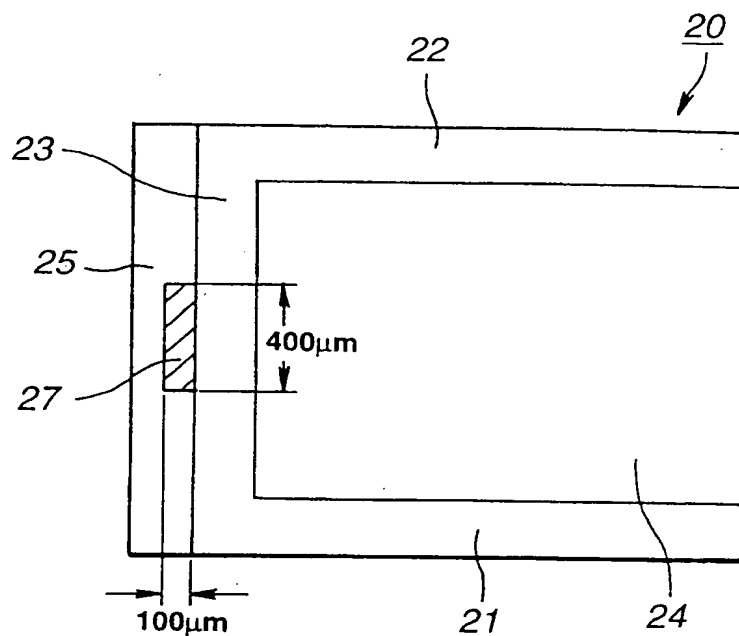


FIG.11

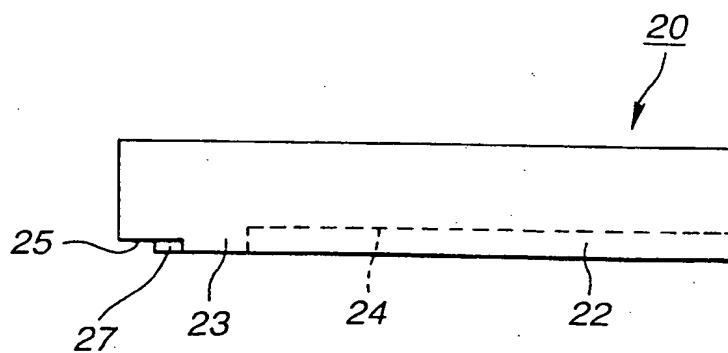


FIG.12

8/13

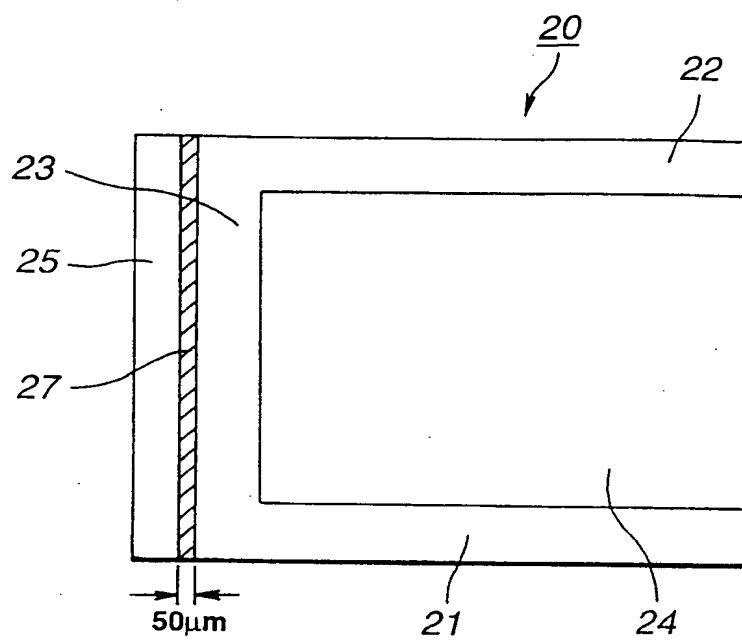


FIG. 13

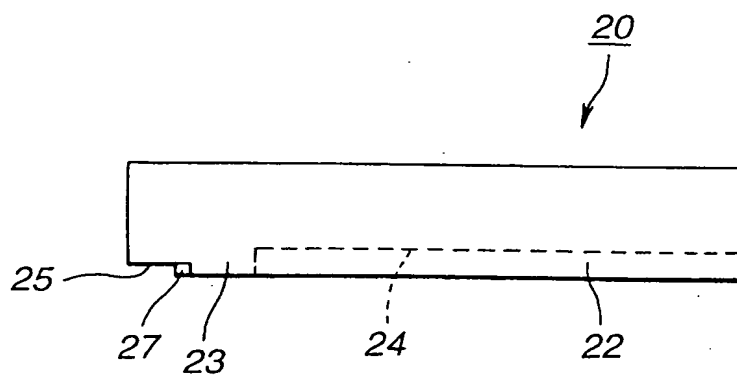


FIG. 14

9/13

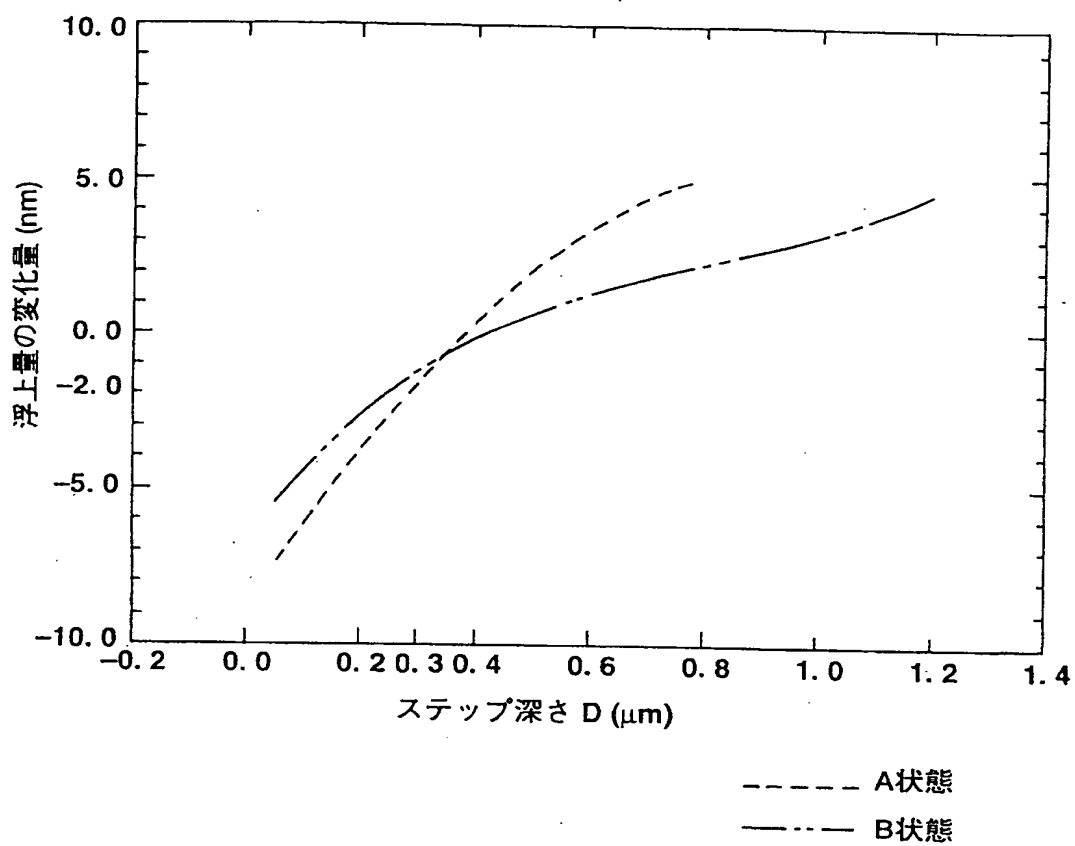


FIG.15

10/13

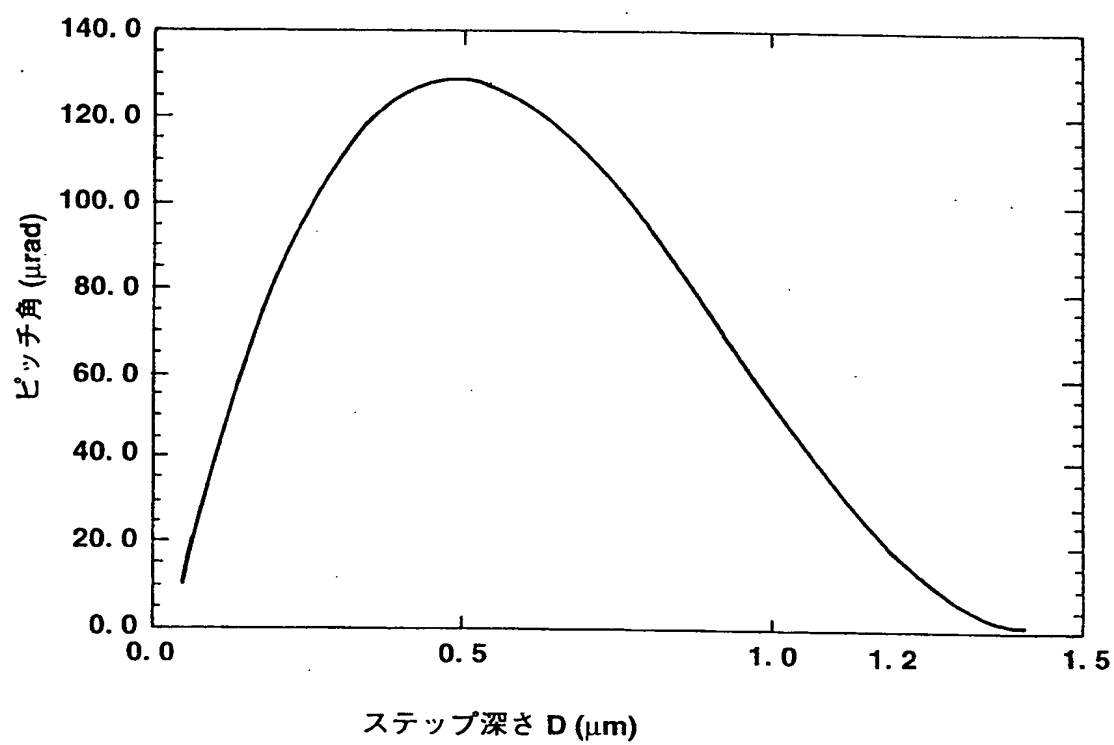


FIG.16

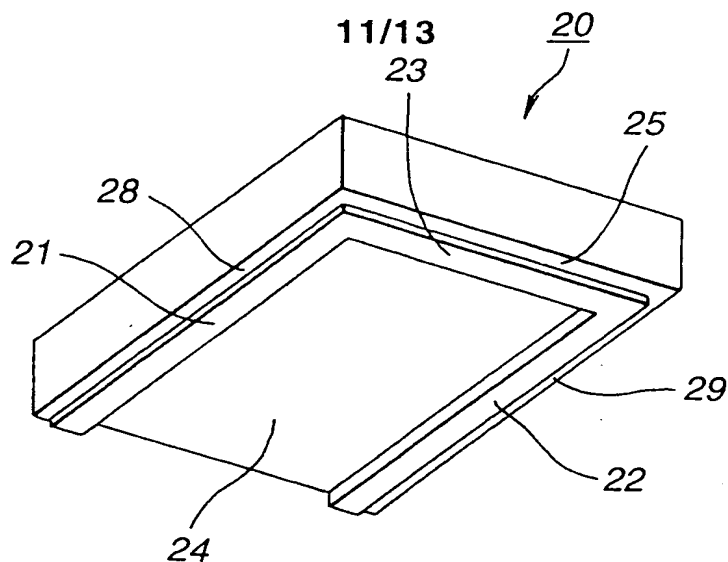


FIG.17

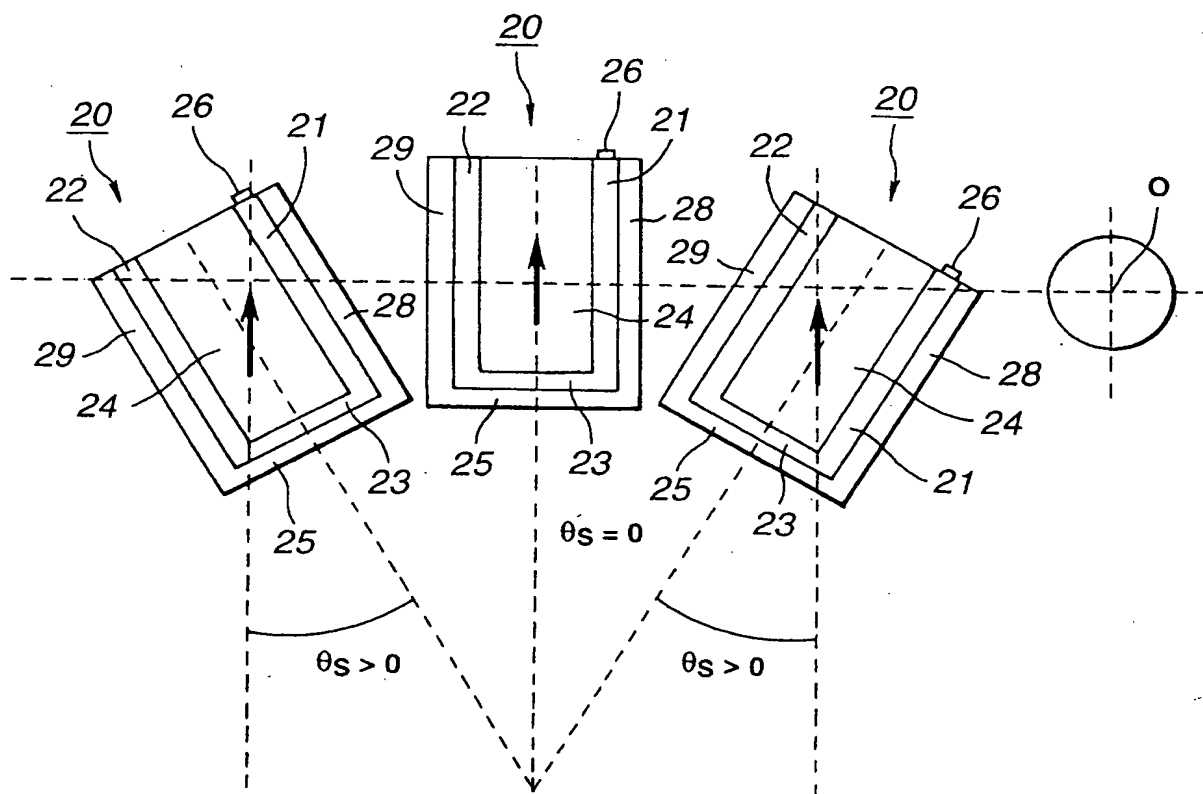
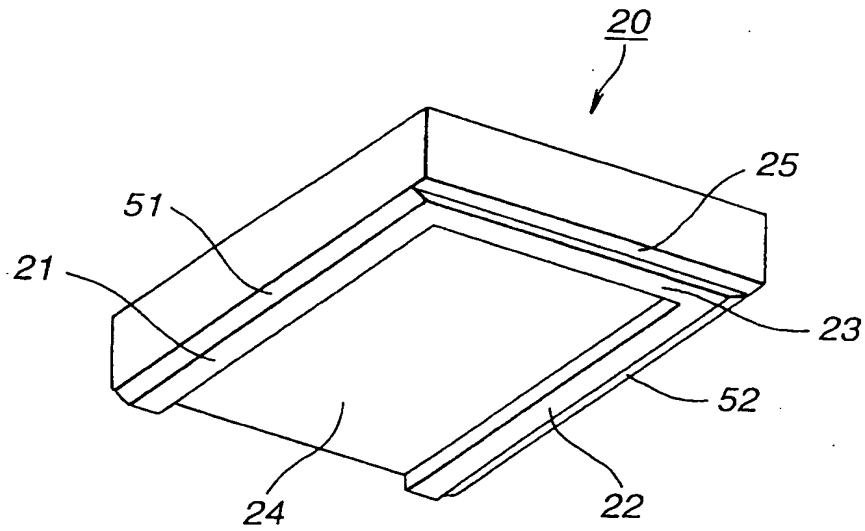
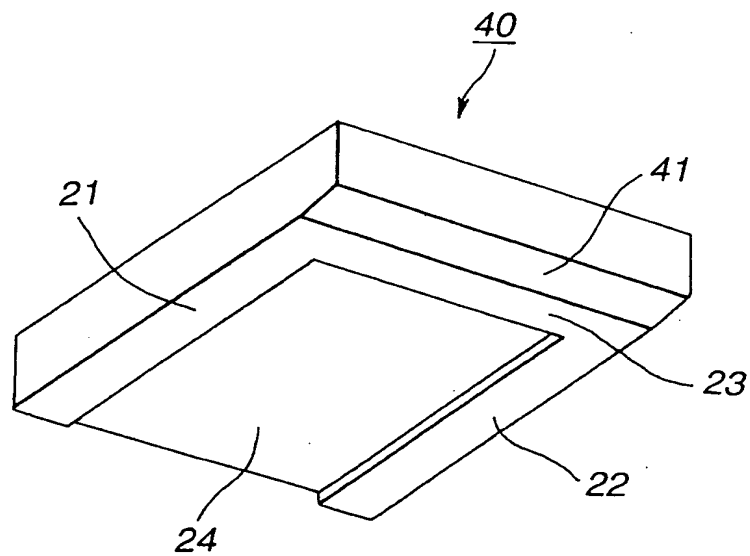


FIG.18

12/13

**FIG.19****FIG.20**

13/13

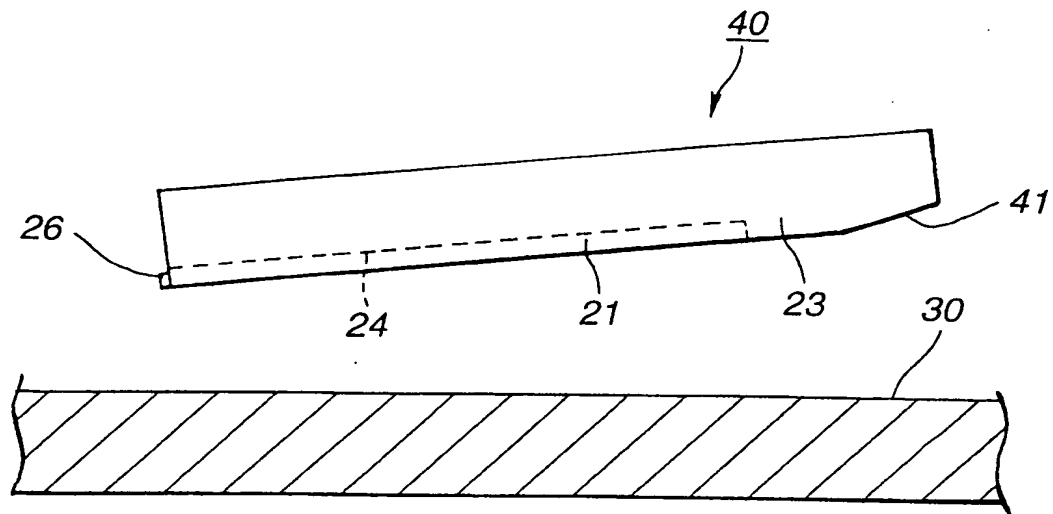


FIG. 21

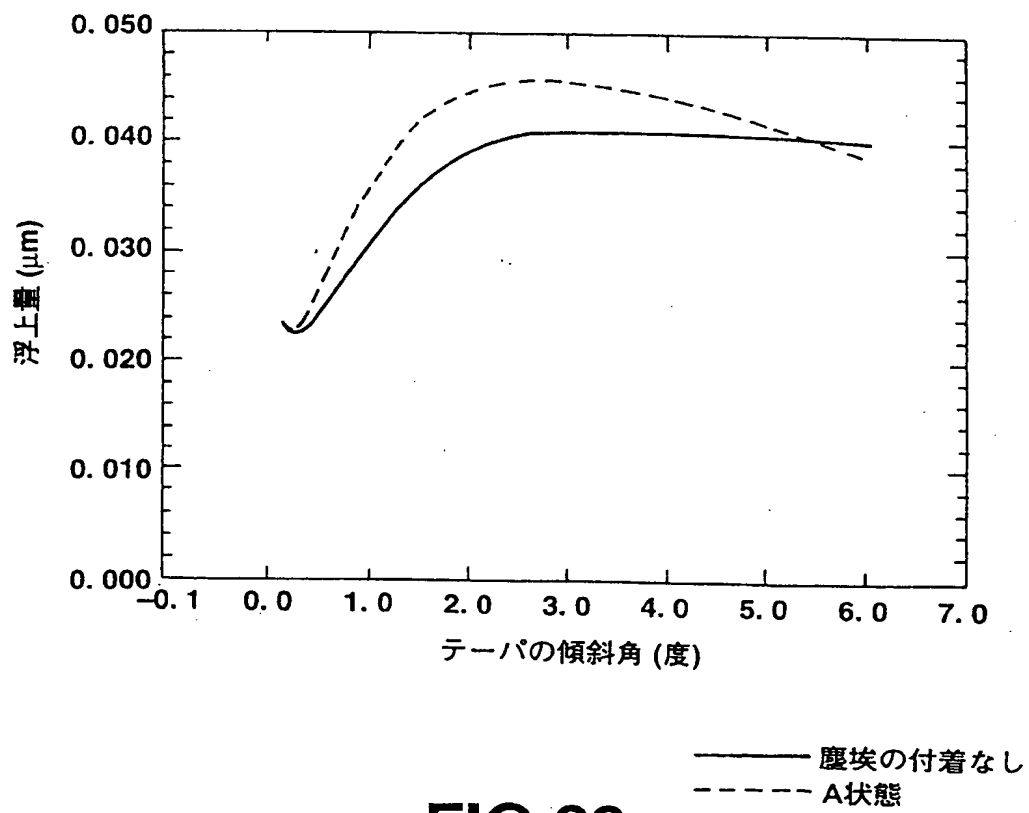


FIG. 22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Publication No.

PCT/JP99/03537

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁶ G11B21/21, 5/60

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ G11B21/21, 5/60

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 7-21718, A (TDK Corp.), 24 January, 1995 (24. 01. 95), Full text ; Figs. 1, 2 (Family: none)	1-8
X	JP, 7-85623, A (Commissariat Energie Atomique), 31 March, 1995 (31. 03. 95), Page 2, right column, line 47 to page 3, left column, line 10 ; Figs. 5b, 6 & EP, 642119, A1 & US, 5508862, A	1, 3, 5, 7
A	JP, 6-325530, A (Hitachi, Ltd.), 25 November, 1994 (25. 11. 94), Full text ; Figs. 1 to 62 (Family: none)	1-8
P, A	JP, 11-144418, A (Sony Corp.), 28 May, 1999 (28. 05. 99), Full text ; Figs. 1 to 13 (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
1 September, 1999 (01. 09. 99)

Date of mailing of the international search report
14 September, 1999 (14. 09. 99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP99/03537

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ G11B21/21, 5/60

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ G11B21/21, 5/60

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-1999年
 日本国登録実用新案公報 1994-1999年
 日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 7-21718, A (ティーディーケイ株式会社) 24. 1月. 1995 (24. 01. 95) 全文, 第1-2図 (ファミリーなし)	1-8
X	JP, 7-85623, A (コミツサリア タ レネルギー アト ミック) 31. 3月. 1995 (31. 03. 95) 第2頁右欄第47行~第3頁左欄第10行, 第5b図, 第6図 & EP, 642119, A1 & US, 5508862, A	1, 3, 5, 7
A	JP, 6-325530, A (株式会社日立製作所) 25. 11月. 1994 (25. 11. 94)	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01. 09. 99

国際調査報告の発送日 14.09.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 信一

5D

9058

電話番号 03-3581-1101 内線 3551